

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION
EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international(43) Date de la publication internationale
18 décembre 2003 (18.12.2003)

PCT

(10) Numéro de publication internationale
WO 03/105525 A1(51) Classification internationale des brevets⁷ : H04R 3/04(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR03/01694

(22) Date de dépôt international : 6 juin 2003 (06.06.2003)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
02/07110 10 juin 2002 (10.06.2002) FR(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
CYNOVE [FR/FR]; 35, rue Toumefort, F-75005 Paris
(FR).

(72) Inventeurs; et

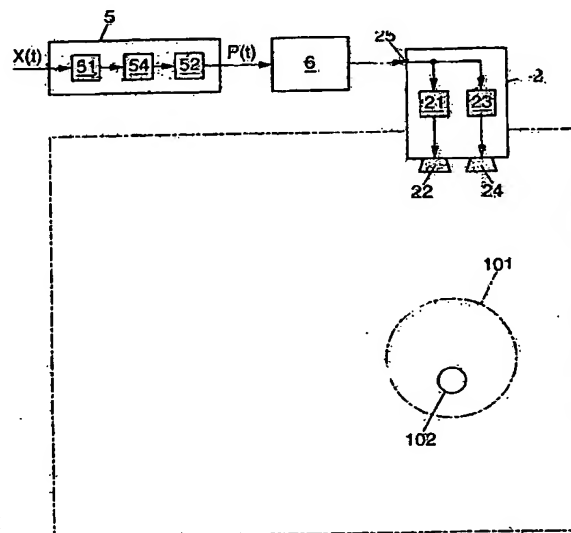
(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) : LEWINER,

Jacques [FR/FR]; 7, avenue de Suresnes, F-92210
Saint-Cloud (FR). JAVELOT, Sylvain [FR/FR]; 32, rue
des Peupliers, F-75013 Paris (FR). LEBRUN, Damien
[FR/FR]; 3, rue de Salis, F-78800 Houilles (FR). DE-
BUSNE, Stéphane [FR/FR]; 10, rue Gabriel Péri, F-92120
Montrouge (FR).(74) Représentant commun : JAVELOT, Sylvain; 32, rue des
Peupliers, F-75013 Paris (FR).(81) États désignés (national) : AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ,
BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ,
DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK,
LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX,
MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC,
VN, YU, ZA, ZM, ZW.(84) États désignés (régional) : brevet ARIPO (GH, GM, KE,
LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), brevet

[Suite sur la page suivante]

(54) Title: P.A. SYSTEM INSTALLATION METHOD

(54) Titre : PROCEDE DE SONORISATION



(57) Abstract: The invention concerns a method for transmitting in an area (100) information items in the form of sound waves representing a signal $X(t)$, through a loudspeaker enclosure (2), said method comprising a step of setting up a public address system which consists in applying to the input of the loudspeaker enclosure (2) an electric signal $P(t) = W(t) * X(t)$ wherein $W(t)$ is the convolution product and $W(t) = S(-t) * I(t)$, wherein $S(-t)$ is the temporal return of the pulse response $S(t)$ between the enclosure and the target zone (101) belonging to the area to be fitted with a P.A. system (100) t representing time, and $I(t)$ is the temporal response of the product $e^{-2\pi j f t_0} \cdot Sc(f)$, wherein f represents the frequency, t_0 is a constant $Sc(f) = 1/(S1(f))^\alpha$, α being a non-null positive number and $S1(f)$ being a real function obtained by peak clipping of the modulo I of the frequency response $S(f)$ of $S(t)$.

[Suite sur la page suivante]



eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), brevet européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), brevet OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Déclarations en vertu de la règle 4.17 :

- relative à l'identité de l'inventeur (règle 4.17.i) pour toutes les désignations
- relative au droit du déposant de demander et d'obtenir un brevet (règle 4.17.ii) pour toutes les désignations
- relative au droit du déposant de revendiquer la priorité de la demande antérieure (règle 4.17.iii) pour toutes les désignations

- relative à la qualité d'inventeur (règle 4.17.iv) pour US seulement

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues

En ce qui concerne les codes à deux lettres et autres abréviations, se référer aux "Notes explicatives relatives aux codes et abréviations" figurant au début de chaque numéro ordinaire de la Gazette du PCT.

(57) Abrégé : Procédé pour afin de transmettre dans un espace (100) des informations sous forme d'ondes acoustiques représentatives d'un signal $X(t)$, par une enceinte acoustique (2), ce procédé comprenant une étape de sonorisation au cours de laquelle on applique à l'entrée de l'enceinte acoustique (2) un signal électrique $P(t) = W(t) \otimes X(t)$, où \otimes est le produit de convolution et $W(t) = S(-t) \otimes I(t)$, où $S(-t)$ est la retournée temporelle de la réponse impulsionnelle $S(t)$ entre l'enceinte et une zone cible (101) appartenant à l'espace à sonoriser (100), t représentant le temps, et $I(t)$ est la réponse temporelle du produit $e^{2\pi i f t_0} \cdot Sc(f)$, où f représente la fréquence, t_0 est une constante $Sc(f) = 1/(S1(f))^\alpha$, α étant un nombre positif non nul et $S1(f)$ étant une fonction réelle obtenue par écrêtage du module $|S(f)|$ de la réponse en fréquence $S(f)$ de $S(t)$.

Procédé de sonorisation.

La présente invention est relative aux procédés de sonorisation, comprenant une correction de la réponse
5 d'enceintes acoustiques.

Il existe un besoin en outils de correction de la réponse des enceintes acoustiques car si les supports analogiques ou numériques de représentation des données acoustiques permettent de stocker et de restituer ces
10 grandeurs avec une dynamique élevée (par exemple 96 dB ou plus) et un bon respect de la phase, sur toute la bande acoustique audible, les haut-parleurs constituent l'élément le plus faible dans une chaîne de restitution du son. De nombreuses techniques ont été proposées dans le passé
15 pour tenter de résoudre ce problème.

Ainsi, on peut corriger l'amplitude au niveau d'un amplificateur qui alimente un ou plusieurs haut-parleurs, en utilisant un gabarit de gain de l'amplificateur en fonction de la fréquence. De cette manière, pour un haut-
20 parleur ayant une réponse en amplitude inférieure à la moyenne dans une bande spectrale donnée, on accentue l'amplification dans ladite bande afin que le son émis soit sensiblement constant dans toute la bande audible. Pour cela, il a été proposé dans le document US-A-4 458 362,
25 d'élaborer le gabarit de gain en question à partir de signaux de tests émis par le haut-parleur. La technique utilisée dans ce document soulève de nombreux problèmes de mise en œuvre en situation réelle et en particulier en milieu réverbérant. Surtout, cette technique ne conserve
30 pas la phase des signaux électriques à transformer en signaux acoustiques.

Une deuxième approche, très utilisée pour corriger la réponse d'une enceinte, consiste à regrouper dans une enceinte plusieurs haut-parleurs ayant chacun de bonnes
35 caractéristiques dans une bande spectrale donnée et

d'interposer entre l'entrée de l'enceinte et les haut-parleurs, des filtres qui vont sélectivement envoyer vers chaque haut-parleur les composantes spectrales du signal électrique les mieux adaptées à ce haut-parleur. Ce
5 procédé, qui permet d'améliorer la réponse en amplitude globale de l'enceinte, présente le grave inconvénient d'introduire des déphasages à plusieurs niveaux dans le système et ainsi de ne pas permettre une reproduction fidèle en ce qui concerne la phase des signaux à
10 reproduire.

Or, dans beaucoup de cas, pour assurer une bonne qualité d'écoute, il est plus important de respecter la phase que l'amplitude.

Il a été également proposé, dans le document US-A-5
15 815 580, d'utiliser un filtre correcteur ayant un gabarit apte à corriger les seuls déphasages introduits par les filtres passifs présents dans l'enceinte acoustique. Une telle solution présente de graves inconvénients ; en particulier, elle ne compense pas les déphasages introduits
20 par les haut-parleurs eux-mêmes et elle ne prend pas en compte l'environnement de l'enceinte, de sorte que la correction de phase effectuée par le filtre correcteur proposé dans ce document est inefficace. De plus, elle nécessite :

25 - soit l'accès aux filtres passifs par l'utilisateur, ce qui requiert un démontage de l'enceinte qui n'est évidemment pas souhaitable,

- soit la mise en place dans l'enceinte, lors de sa fabrication, de moyens de déconnexion des haut-parleurs
30 des filtres et d'accès électriques à la sortie desdits filtres, ce qui introduit des surcoûts et entraîne des risques de parasites électriques.

Une autre technique connue, divulguée notamment dans le document US-A-4 888 808, utilise, à partir de la
35 réponse impulsionnelle initiale de l'enceinte acoustique,

une suite d'opérations fondées sur la transformation de Fourier pour obtenir dans un premier temps, la réponse de l'enceinte dans le domaine fréquentiel, en amplitude et en phase et dans un second temps, le gabarit d'un filtre correcteur, qui, utilisé pour alimenter l'enceinte acoustique, est censé corriger les défauts de phase tout en respectant en théorie l'amplitude des signaux. La mise en œuvre pratique d'une telle solution à partir de processeurs de traitement du signal présente de graves inconvénients.

En effet, la réponse impulsionnelle d'enceintes acoustiques dans le domaine fréquentiel, particulièrement en milieu réverbérant, présente des écarts considérables dans l'amplitude des signaux en fonction de la fréquence : il est fréquent que la réponse en amplitude d'une enceinte présente des pics vers le haut et vers le bas qui peuvent atteindre 50 dB et dont la largeur en fréquence est souvent faible. Par conséquent, avec la technique proposée dans le document US-A-4 888 808, la construction du gabarit d'un filtre correcteur efficace pour obtenir une correction satisfaisante implique des puissances de calcul considérables, ce qui entraîne l'utilisation de processeurs coûteux. De plus même ces processeurs coûteux n'ont bien évidemment pas une dynamique infinie, ce qui conduit à des améliorations insuffisantes.

La présente invention a notamment pour but de proposer un procédé de correction de la réponse d'une enceinte acoustique qui permette de conserver la phase des signaux à reproduire dans une large bande de fréquences, tout en nécessitant une puissance de calcul réduite compatible avec les dimensions et les coûts d'appareils de reproduction des sons destinés au grand public.

A cet effet, la présente invention propose un procédé de sonorisation d'un espace afin de transmettre dans cet espace des informations sous forme d'ondes acoustiques représentatives d'un signal $X(t)$, au moyen d'au

moins une enceinte acoustique comportant une entrée commandant un nombre n de haut-parleurs, n étant un entier naturel au moins égal à 1, ce procédé comprenant au moins une étape de sonorisation au cours de laquelle on applique
5 à l'entrée de l'enceinte acoustique un signal électrique $P(t) = W(t) \otimes X(t)$, où :

- \otimes est l'opérateur mathématique produit de convolution et

- $W(t)$ représente un gabarit de filtre
10 préalablement déterminé et mémorisé, ledit procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de laquelle on détermine le gabarit de filtre $W(t)$ comme suit :

$W(t) = S(-t) \otimes I(t)$, où :

15 - $S(-t)$ est la retournée temporelle de la réponse impulsionnelle $S(t)$ entre l'enceinte et une zone cible appartenant à l'espace à sonoriser, t représentant le temps,

- et $I(t)$ est la réponse temporelle du produit
20 $e^{-2i\pi f t_0} \cdot S_c(f)$, où f représente la fréquence, t_0 est un coefficient de décalage temporel et $S_c(f) = 1/(S_1(f))^\alpha$, α étant un nombre positif non nul et $S_1(f)$ étant une fonction réelle obtenue par écrêtage du module $|S(f)|$ de la réponse en fréquence $S(f)$ de la réponse impulsionnelle $S(t)$.

25 Grâce à ces dispositions, qui permettent une compensation des déphasages introduits par l'enceinte acoustique, les informations transmises sous forme d'ondes acoustiques sont reçues parfaitement en phase dans la zone cible.

30 De plus, grâce à l'écrêtage du signal $S(f)$, le procédé selon l'invention ne nécessite qu'une capacité de calcul relativement faible, compatible avec les coûts modérés exigés pour des appareils destinés au grand public.

Enfin, les inventeurs ont pu constater que
35 l'écrêtage du signal $S(f)$ ne nuit pas à la qualité de

l'écoute, grâce à un effet dit "effet de masque", qui fait que l'oreille humaine discerne avec une sensibilité diminuée les sons de fréquence voisine d'une fréquence donnée où un signal est bien audible.

5 La qualité d'écoute obtenue grâce à la présente invention est donc excellente, pour un coût modéré.

Dans des modes de réalisation préférés de l'invention, on peut éventuellement avoir recours en outre à l'une et/ou l'autre des dispositions suivantes :

10 - au cours de l'étape d'apprentissage, on détermine la fonction $Sc(f)$ comme suit :

. pour $S_{f\text{moy}}.R2 < |S(f)| < S_{f\text{moy}}.R1$, $Sc(f) = 1/|S(f)|^\alpha$,
 $R1$ et $R2$ étant deux nombres positifs, $R1$ étant supérieur à $R2$ et $S_{f\text{moy}}$ étant la valeur moyenne de $|S(f)|$,

15 . pour $|S(f)| \leq S_{f\text{moy}}.R2$, $Sc(f) = 1/(S_{f\text{moy}}.R2)^\alpha$,

. pour $|S(f)| \geq S_{f\text{moy}}.R1$, $Sc(f) = 1/(S_{f\text{moy}}.R1)^\alpha$;

- le coefficient de décalage temporel t_0 est compris entre 0 et T_{max} , T_{max} étant la durée d'enregistrement de la réponse $S(t)$;

20 - $I(t)$ est obtenu en utilisant la partie réelle de la transformée de Fourier inverse du produit $e^{-2i\pi f t_0}.Sc(f)$;

- la réponse impulsionnelle $S(t)$ est mémorisée sur un nombre 2^k d'échantillons et $S(f)$ est calculée à partir de $S(t)$, en utilisant une technique de transformée

25 de Fourier rapide de $S(t)$;

- la réponse impulsionnelle $S(t)$ est mémorisée sur un nombre 2^k d'échantillons et $I(t)$ est calculée à partir du produit $e^{-2i\pi f t_0}.Sc(f)$ en utilisant une technique de transformée de Fourier rapide inverse ;

30 - α vaut 1 ;

- les coefficients $R1$ et $R2$ sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 24 dB (notamment lorsque le procédé est mis en œuvre par des processeurs traitant des données sur 16 bits) ;

35 - les coefficients $R1$ et $R2$ sont choisis de façon

à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 12 dB (notamment lorsque le procédé est mis en œuvre par des processeurs traitant des données sur 16 bits) ;

- les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 36 dB (notamment lorsque le procédé est mis en œuvre par des processeurs traitant des données sur plus de 16 bits) ;

- les coefficients R1 et R2 sont choisis de façon à obtenir une excursion d'amplitude d'environ 48 dB (notamment lorsque le procédé est mis en œuvre par des processeurs traitant des données sur plus de 16 bits) ;

- la valeur Sfmoy est calculée pour une bande de fréquences fb ne représentant qu'une partie des fréquences audibles.

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront au cours de la description détaillée suivante d'une de ses formes de réalisation, donnée à titre d'exemple non limitatif, en regard des dessins joints.

Sur les dessins :

- la figure 1 est un schéma de principe montrant un exemple de dispositif pouvant mettre en œuvre le procédé selon l'invention, en fonctionnement normal, c'est à dire pendant la phase de sonorisation susmentionnée,

- et la figure 2 est un schéma similaire à la figure 1, montrant le dispositif pendant la phase initiale d'apprentissage.

Comme représenté sur la figure 1, le procédé selon l'invention permet de sonoriser un espace 100 en assurant une écoute optimale à un auditeur 102 dans une zone cible 101 de l'espace 100.

L'espace à sonoriser 100 peut être par exemple une salle d'écoute équipée d'au moins une enceinte acoustique 2, comprenant un nombre n de haut-parleurs 22, 24, n étant un entier naturel au moins égal à 1, par exemple égal à 2

ou supérieur.

Les hauts-parleurs 22, 24 de l'enceinte 2 peuvent par exemple être alimentés par une entrée commune 25 à travers des filtres passifs, respectivement 21, 23.

5 L'entrée 25 reçoit un signal électrique $P(t)$ issu d'un calculateur 5 et amplifié par un amplificateur 6 (l'amplificateur 6 et le calculateur 5 peuvent bien entendu être compris dans un même boîtier).

Le calculateur 5 peut comporter par exemple :

10 - une unité de calcul 51 qui reçoit un signal électrique $X(t)$ à reproduire sous forme sonore dans l'espace 100 (t représente le temps),

- un filtre correcteur 54 de gabarit $W(t)$ recevant les signaux issus de l'unité de calcul 51,

15 - et un convertisseur numérique-analogique 52 qui reçoit les signaux numériques issus du filtre 52 et envoie des signaux analogiques correspondants à l'amplificateur 6.

On notera que le filtre 54 susmentionné peut être simplement un module logiciel chargé dans le calculateur 5 et que le convertisseur numérique-analogique pourrait être supprimé en utilisant des haut-parleurs numériques.

20 Le procédé selon l'invention permet notamment d'éviter les déphasages que subissaient habituellement les ondes sonores à leur arrivée au niveau de l'auditeur 102, avec les systèmes de l'art antérieur. Ces déphasages ont plusieurs origines, en particulier :

- les filtres passifs 21 et 23 présents dans l'enceinte 2 sont différents et par conséquent ils introduisent des déphasages différents,

30 - de la même façon, les n haut-parleurs 22, 24 sont différents et introduisent des déphasages différents, etc.

A cet effet, selon l'invention, le signal électrique $X(t)$ est traité par le filtre correcteur 54 du calculateur 5 lors des phases de sonorisation, c'est à dire

35

pendant le fonctionnement normal du dispositif de sonorisation. Lors de ce traitement, le filtre 54 calcule $P(t)$ en effectuant le produit de convolution suivant : $P(t) = W(t) \otimes X(t)$.

5 Pour déterminer le gabarit $W(t)$ au cours d'une étape initiale d'apprentissage, comme représenté sur la figure 2, on procède tout d'abord à une opération de calibration acoustique de l'espace 100 en déterminant la réponse impulsionnelle $S(t)$ entre l'enceinte acoustique 2
10 et un point de calibration 103 de la zone cible 101.

Le point de calibration 103 peut être par exemple situé entre 50 cm et 1 m 50 au-dessus du sol.

La réponse impulsionnelle $S(t)$ correspond au signal acoustique reçu au point 103 lorsque l'enceinte acoustique
15 émet une impulsion acoustique de courte durée.

Cette réponse impulsionnelle peut être mesurée de préférence à un moment où l'espace 100 n'est pas pollué par d'autres signaux acoustiques que ceux émis par l'enceinte 2, par exemple en faisant émettre par l'enceinte 2 une
20 courte impulsion acoustique et en mesurant les signaux acoustiques reçus à la suite de cette impulsion au niveau du point de calibration 103, au moyen d'un microphone 11 préalablement disposé au point 103.

Dans l'exemple particulier représenté sur la figure
25 2, l'enceinte acoustique 2 reçoit du calculateur 5 le signal impulsionnel à émettre.

Par ailleurs, le microphone 11 situé au point de calibration 103 est relié à un amplificateur 12 lui-même relié à un convertisseur analogique-numérique 3, ce
30 convertisseur pouvant par exemple être relié au calculateur 5, de façon que les signaux captés par le microphone 11 puissent être mémorisés par le calculateur 5 pour le point de calibration 103.

La réponse impulsionnelle $S(t)$ ainsi mémorisée par
35 le calculateur 5 est ensuite inversée temporellement par ce

calculateur 5, qui mémorise finalement l'inversée temporelle de la réponse impulsionnelle, $S(-t)$.

Une fois l'opération de calibration terminée, on démonte le microphone 11 avec son amplificateur 12 et son
5 convertisseur 3.

Par la suite, si l'on a enregistré $S(t)$ sur un nombre 2^K d'échantillons, le calculateur 5 détermine par une technique de transformée de Fourier rapide la réponse en fréquence $S(f)$ de la réponse impulsionnelle $S(t)$.

10 On rappelle que pour un vecteur d'entrée $S(t)$ comportant 2^K échantillons, $S(f)$ est un vecteur de 2^K échantillons avec :

$$S(f) = \sum_{m=1}^{2^K} S(m) e^{-2i\pi(f-1)(m-1)/2^K}, \text{ pour } 1 \leq f \leq 2^K.$$

Par la suite, le calculateur 5 effectue la séquence
15 d'opérations suivantes :

- il détermine et mémorise le module de $S(f)$, à savoir $|S(f)|$,
- il détermine et mémorise la valeur moyenne atteinte par $|S(f)|$, notée Sf_{moy} (moyenne arithmétique,
20 logarithmique ou autre),
- pour toutes les fréquences f , telles que $Sf_{moy}.R2 < |S(f)| < Sf_{moy}.R1$, il construit et mémorise $Sc(f)$ comme $1/|S(f)|^\alpha$,
- pour toutes les fréquences f , telles que
25 $|S(f)| \leq Sf_{moy}.R2$, il construit et mémorise $Sc(f)$ comme $1/(Sf_{moy}.R2)$,
- pour toutes les fréquences f , telles que $|S(f)| \geq Sf_{moy}.R1$, il construit et mémorise $Sc(f)$ comme $1/(Sf_{moy}.R1)^\alpha$, α étant un nombre réel positif non nul,
30 avantageusement égal à 1,
- il effectue la multiplication de $Sc(f)$, par une fonction $y(f) = e^{-2i\pi f t_0}$, où t_0 est un décalage temporel compris entre 0 et T_{max} [T_{max} est la durée d'enregistrement de la réponse impulsionnelle $S(t)$] choisi pour respecter la

chronologie des événements (principe de causalité) : t_0 peut avantageusement être choisi égal à $T_{\max}/2$, ou égal à une valeur inférieure,

- et finalement détermine et mémorise le résultat

$$5 \quad I(f) = y(f) \cdot Sc(f).$$

On notera que la fonction $Sc(f)$ pourrait plus généralement être calculée sous la forme $Sc(f) = 1/[S_1(f)]^a$, où $S_1(f)$ est une fonction obtenue par écrêtage du module de $S(f)$.

10 Le calculateur (5) calcule alors la transformée de Fourier inverse de $I(f)$, à savoir $I(t)$.

On rappelle que la transformée de Fourier rapide inverse de $I(f)$, $I(t)$ est un vecteur de 2^K échantillons avec :

$$15 \quad I(t) = (1/2^K) \cdot \sum_{m=1}^{2^K} I(m) \cdot e^{2i\pi(m-1)(t-1)/2^K}, \quad 1 \leq t \leq 2^K.$$

Le gabarit de filtre $W(t)$ est alors obtenu par le calculateur 5 en effectuant le produit de convolution $S(-t)$ avec $I(t)$, ce qui permet de mettre en place le module logiciel de filtre 54 dans le calculateur 5 et clôt l'étape d'apprentissage.

On rappelle que le produit de convolution d'une fonction $f(t)$ par une fonction $g(t)$ vaut :

$$f(t) \otimes g(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} f(\tau) \cdot g(t-\tau) \cdot d\tau.$$

Comme il va de soi, et comme il résulte d'ailleurs de ce qui précède, l'invention n'est pas limitée à l'exemple de réalisation particulier qui vient d'être décrit ; elle en embrasse au contraire toutes les variantes, notamment celles dans lesquelles :

- la réponse impulsionnelle $S(t)$ est déterminée autrement qu'en faisant émettre des signaux acoustiques impulsifs, par exemple en faisant émettre un bruit blanc ou des suites de signaux prédéterminés dont on peut extraire la réponse $S(t)$ par des méthodes de calcul connues

en soi, explicitées par exemple dans le document FR-A-2 747 863 pour le calcul des réponses impulsionnelles dans le domaine des ondes radio-électriques.

- l'espace à sonoriser serait autre qu'une salle
5 d'écoute, par exemple une salle anéchoïde, l'objectif étant dans ce cas par exemple de réaliser un ensemble unité de traitement et enceinte acoustique tel que la phase des ondes acoustiques émises par l'enceinte acoustique respecte la phase des signaux électriques envoyés à l'entrée dudit
10 ensemble.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de sonorisation d'un espace (100) afin de transmettre dans cet espace des informations sous forme d'ondes acoustiques représentatives d'un signal $X(t)$, au moyen d'au moins une enceinte acoustique (2) comportant une entrée (25) commandant un nombre n de haut-parleurs (22, 24), n étant un entier naturel au moins égal à 1, ce procédé comprenant au moins une étape de sonorisation au cours de laquelle on applique à l'entrée de l'enceinte acoustique (2) un signal électrique $P(t) = W(t) \otimes X(t)$, où :

- \otimes est l'opérateur mathématique produit de convolution et

- $W(t)$ représente un gabarit de filtre préalablement déterminé et mémorisé, ledit procédé comprenant une étape d'apprentissage au cours de laquelle on détermine le gabarit de filtre $W(t)$ comme suit :

$W(t) = S(-t) \otimes I(t)$, où :

- $S(-t)$ est la retournée temporelle de la réponse impulsionnelle $S(t)$ entre l'enceinte et une zone cible (101) appartenant à l'espace à sonoriser (100), t représentant le temps,

- et $I(t)$ est la réponse temporelle du produit $e^{-2i\pi f t_0} \cdot S_c(f)$, où f représente la fréquence, t_0 est un coefficient de décalage temporel et $S_c(f) = 1/(S_1(f))^\alpha$, α étant un nombre positif non nul et $S_1(f)$ étant une fonction réelle obtenue par écrêtage du module $|S(f)|$ de la réponse en fréquence $S(f)$ de la réponse impulsionnelle $S(t)$.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel, au cours de l'étape d'apprentissage, on détermine la fonction $S_c(f)$ comme suit :

pour $S_{f\text{moy}} \cdot R_2 < |S(f)| < S_{f\text{moy}} \cdot R_1$, $S_c(f) = 1/|S(f)|^\alpha$, R_1 et R_2 étant deux nombres positifs, R_1 étant supérieur à R_2 et $S_{f\text{moy}}$ étant la valeur moyenne de $|S(f)|$,

pour $|S(f)| \leq S_{\text{moy}}.R2$, $Sc(f) = 1/(S_{\text{moy}}.R2)^{\alpha}$,

pour $|S(f)| \geq S_{\text{moy}}.R1$, $Sc(f) = 1/(S_{\text{moy}}.R1)^{\alpha}$.

3. Procédé selon l'une quelconque des
5 revendications précédentes, dans lequel le coefficient de
décalage temporel t_0 est compris entre 0 et T_{max} , T_{max}
étant la durée d'enregistrement de la réponse $S(t)$.

4. Procédé selon l'une quelconque des
revendications précédentes, dans lequel $I(t)$ est obtenu en
10 utilisant la partie réelle de la transformée de Fourier
inverse du produit $e^{-2i\pi f t_0} . Sc(f)$.

5. Procédé selon l'une quelconque des
revendications précédentes, dans lequel la réponse
impulsionnelle $S(t)$ est mémorisée sur un nombre 2^k
15 d'échantillons et $S(f)$ est calculée à partir de $S(t)$, en
utilisant une technique de transformée de Fourier rapide
de $S(t)$.

6. Procédé selon l'une quelconque des
revendications précédentes, dans lequel la réponse
20 impulsionnelle $S(t)$ est mémorisée sur un nombre 2^k
d'échantillons et $I(t)$ est calculée à partir du produit
 $e^{-2i\pi f t_0} . Sc(f)$ en utilisant une technique de transformée de
Fourier rapide inverse.

7. Procédé selon l'une quelconque des
25 revendications précédentes, dans lequel α vaut 1.

8. Procédé selon l'une quelconque des
revendications précédentes, dans lequel les coefficients $R1$
et $R2$ sont choisis de façon à obtenir une excursion
d'amplitude choisie parmi une excursion d'environ 12 dB,
30 une excursion d'environ 24 dB, une excursion d'environ 36
dB, et une excursion d'environ 48 dB.

9. Procédé selon l'une quelconque des
revendications précédentes, dans lequel la valeur S_{moy} est
calculée pour une bande de fréquences f_b ne représentant
35 qu'une partie des fréquences audibles.

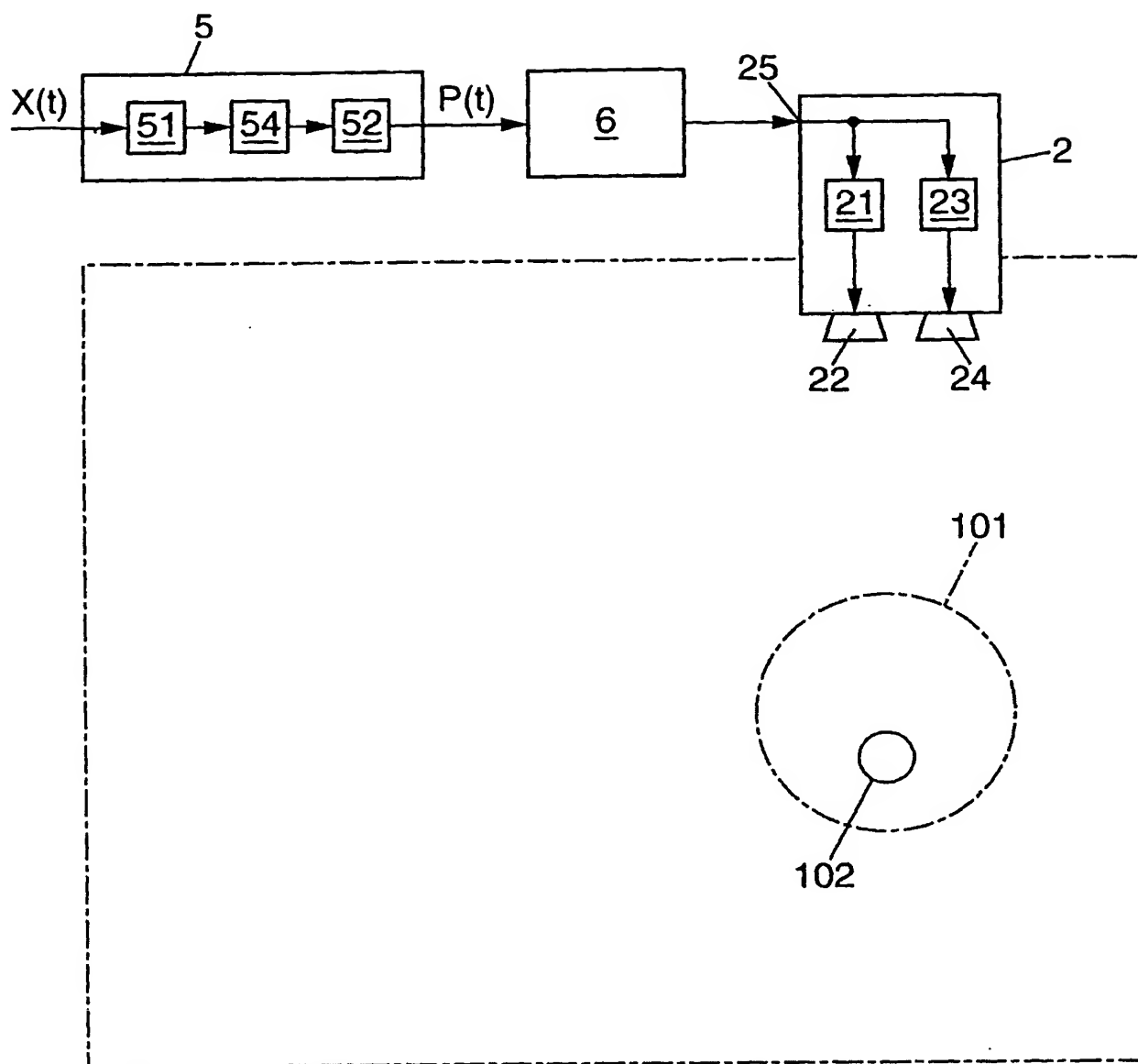


FIG. 1

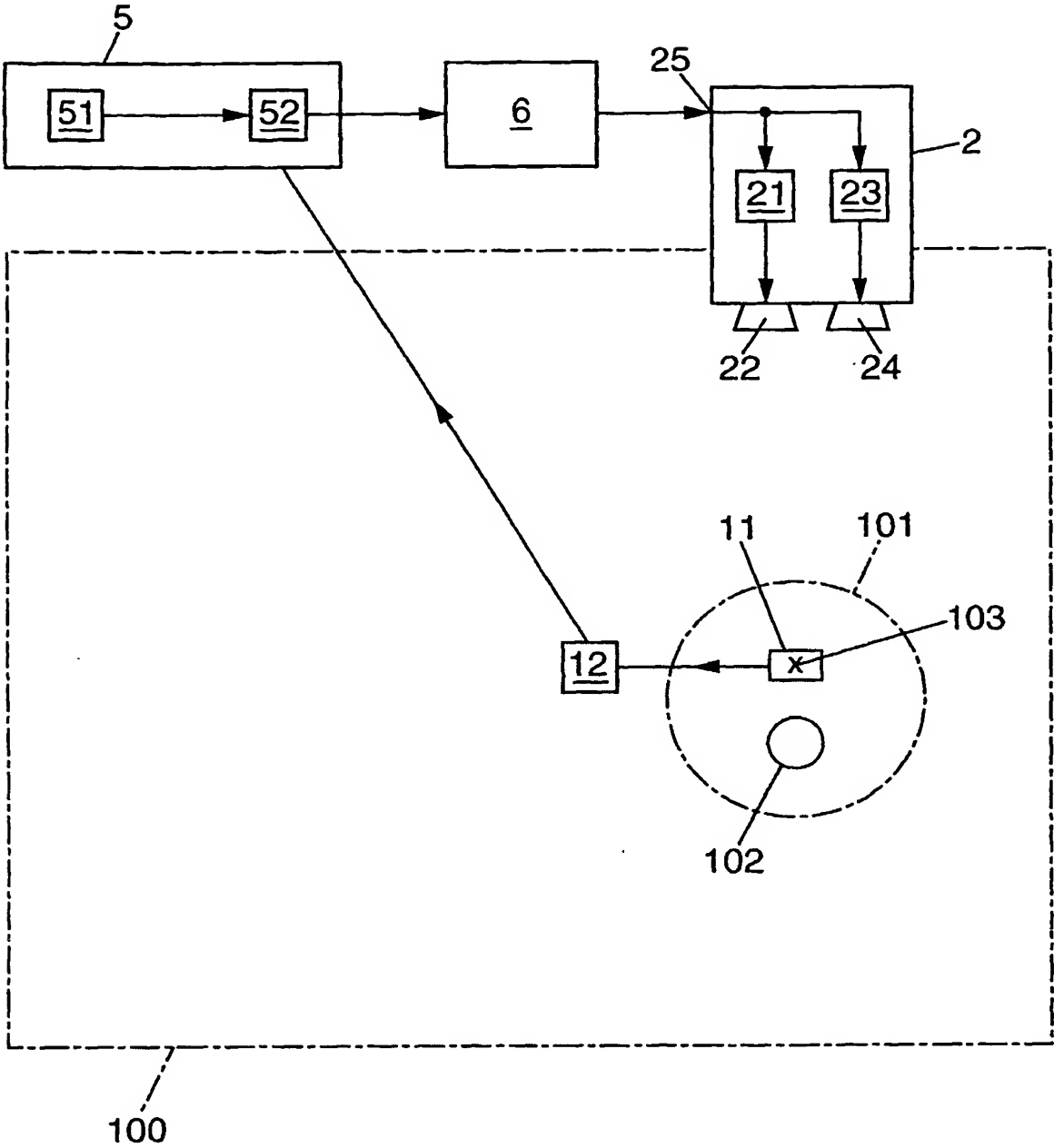


FIG. 2

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

National Application No
PCT/FR 03/01694

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
IPC 7 H04R3/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
IPC 7 H04R H03H H03G

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 1 017 166 A (YAMAHA CORP) 5 July 2000 (2000-07-05) page 10, line 5 -page 25, line 17; figures ---	1-9
A	US 5 815 580 A (CRAVEN PETER G ET AL) 29 September 1998 (1998-09-29) cited in the application column 5, line 35 -column 14, line 15; figures ---	1-9
A	US 5 694 476 A (KLIPPEL WOLFGANG) 2 December 1997 (1997-12-02) column 4, line 60 -column 9, line 16; figures --- -/--	1-9

☒ Further documents are listed in the continuation of box C.

☒ Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents:

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- *G* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 October 2003

Date of mailing of the international search report

28/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Gastaldi, G

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p data-bbox="305 247 919 373">US 4 683 590 A (MIYOSHI MASATO ET AL) 28 July 1987 (1987-07-28) column 2, line 3 -column 11, line 28; figures -----</p>	1-9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/FR 03/01694

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1017166	A	05-07-2000	JP 2870359 B2	17-03-1999
			JP 6327089 A	25-11-1994
			JP 2723001 B2	09-03-1998
			JP 7038985 A	07-02-1995
			JP 3147618 B2	19-03-2001
			JP 7095684 A	07-04-1995
			JP 2778418 B2	23-07-1998
			JP 7046687 A	14-02-1995
			JP 2748826 B2	13-05-1998
			JP 7038988 A	07-02-1995
			JP 3191512 B2	23-07-2001
			JP 7038987 A	07-02-1995
			EP 1017166 A2	05-07-2000
			EP 1017167 A2	05-07-2000
			DE 69433073 D1	02-10-2003
			EP 0624947 A2	17-11-1994
			US 5572443 A	05-11-1996
US 5815580	A	29-09-1998	US 5627899 A	06-05-1997
			CA 2098190 A1	11-06-1992
			DE 69132085 D1	04-05-2000
			DE 69132085 T2	21-12-2000
			EP 0561881 A1	29-09-1993
			EP 0898364 A2	24-02-1999
			WO 9210876 A1	25-06-1992
			HK 1000722 A1	16-06-2000
			US 5511129 A	23-04-1996
US 5694476	A	02-12-1997	DE 4332804 A1	30-03-1995
US 4683590	A	28-07-1987	JP 1928555 C	12-05-1995
			JP 6054883 B	20-07-1994
			JP 62190935 A	21-08-1987
			JP 2558445 B2	27-11-1996
			JP 61212996 A	20-09-1986
			CA 1242003 A1	13-09-1988
			DE 3686497 D1	01-10-1992
			DE 3686497 T2	01-04-1993
			EP 0195416 A2	24-09-1986

PCT/ISA 03/01694

A. CLASSEMENT DE L'OBJET DE LA DEMANDE
CIB 7 H04R3/04

Selon la classification internationale des brevets (CIB) ou à la fois selon la classification nationale et la CIB

B. DOMAINES SUR LESQUELS LA RECHERCHE A PORTE

Documentation minimale consultée (système de classification suivi des symboles de classement)

CIB 7 H04R H03H H03G

Documentation consultée autre que la documentation minimale dans la mesure où ces documents relèvent des domaines sur lesquels a porté la recherche

Base de données électronique consultée au cours de la recherche internationale (nom de la base de données, et si réalisable, termes de recherche utilisés)

C. DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie *	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	EP 1 017 166 A (YAMAHA CORP) 5 juillet 2000 (2000-07-05) page 10, ligne 5 -page 25, ligne 17; figures	1-9
A	US 5 815 580 A (CRAVEN PETER G ET AL) 29 septembre 1998 (1998-09-29) cité dans la demande colonne 5, ligne 35 -colonne 14, ligne 15; figures	1-9
A	US 5 694 476 A (KLIPPEL WOLFGANG) 2 décembre 1997 (1997-12-02) colonne 4, ligne 60 -colonne 9, ligne 16; figures	1-9
	--- -/--	

☒ Voir la suite du cadre C. pour la fin de la liste des documents

☒ Les documents de familles de brevets sont indiqués en annexe

*** Catégories spéciales de documents cités:**

- *A* document définissant l'état général de la technique, non considéré comme particulièrement pertinent
- *E* document antérieur, mais publié à la date de dépôt international ou après cette date
- *L* document pouvant jeter un doute sur une revendication de priorité ou cité pour déterminer la date de publication d'une autre citation ou pour une raison spéciale (telle qu'indiquée)
- *O* document se référant à une divulgation orale, à un usage, à une exposition ou tous autres moyens
- *P* document publié avant la date de dépôt international, mais postérieurement à la date de priorité revendiquée

T document ultérieur publié après la date de dépôt international ou la date de priorité et n'appartenant pas à l'état de la technique pertinent, mais cité pour comprendre le principe ou la théorie constituant la base de l'invention

X document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme nouvelle ou comme impliquant une activité inventive par rapport au document considéré isolément

Y document particulièrement pertinent; l'invention revendiquée ne peut être considérée comme impliquant une activité inventive lorsque le document est associé à un ou plusieurs autres documents de même nature, cette combinaison étant évidente pour une personne du métier

Z document qui fait partie de la même famille de brevets

Date à laquelle la recherche internationale a été effectivement achevée

17 octobre 2003

Date d'expédition du présent rapport de recherche internationale

28/10/2003

Nom et adresse postale de l'administration chargée de la recherche internationale
 Office Européen des Brevets, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Fonctionnaire autorisé

Gastaldi, G

C.(suite) DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		
Catégorie	Identification des documents cités, avec, le cas échéant, l'indication des passages pertinents	no. des revendications visées
A	US 4 683 590 A (MIYOSHI MASATO ET AL) 28 juillet 1987 (1987-07-28) colonne 2, ligne 3 - colonne 11, ligne 28; figures -----	1-9

RAPPORT DE RECHERCHE INTERNATIONALE

Renseignements relatifs

nombres de familles de brevets

Document de l'Organisation Mondiale de l'Intellectuelle No.

PCT/FR 03/01694

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
EP 1017166	A	05-07-2000	JP 2870359 B2	17-03-1999
			JP 6327089 A	25-11-1994
			JP 2723001 B2	09-03-1998
			JP 7038985 A	07-02-1995
			JP 3147618 B2	19-03-2001
			JP 7095684 A	07-04-1995
			JP 2778418 B2	23-07-1998
			JP 7046687 A	14-02-1995
			JP 2748826 B2	13-05-1998
			JP 7038988 A	07-02-1995
			JP 3191512 B2	23-07-2001
			JP 7038987 A	07-02-1995
			EP 1017166 A2	05-07-2000
			EP 1017167 A2	05-07-2000
			DE 69433073 D1	02-10-2003
			EP 0624947 A2	17-11-1994
			US 5572443 A	05-11-1996
US 5815580	A	29-09-1998	US 5627899 A	06-05-1997
			CA 2098190 A1	11-06-1992
			DE 69132085 D1	04-05-2000
			DE 69132085 T2	21-12-2000
			EP 0561881 A1	29-09-1993
			EP 0898364 A2	24-02-1999
			WO 9210876 A1	25-06-1992
			HK 1000722 A1	16-06-2000
			US 5511129 A	23-04-1996
US 5694476	A	02-12-1997	DE 4332804 A1	30-03-1995
US 4683590	A	28-07-1987	JP 1928555 C	12-05-1995
			JP 6054883 B	20-07-1994
			JP 62190935 A	21-08-1987
			JP 2558445 B2	27-11-1996
			JP 61212996 A	20-09-1986
			CA 1242003 A1	13-09-1988
			DE 3686497 D1	01-10-1992
			DE 3686497 T2	01-04-1993
			EP 0195416 A2	24-09-1986